

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-271437

(43)Date of publication of application : 18.10.1996

(51)Int.CI.

G01N 21/88

(21)Application number : 07-072604

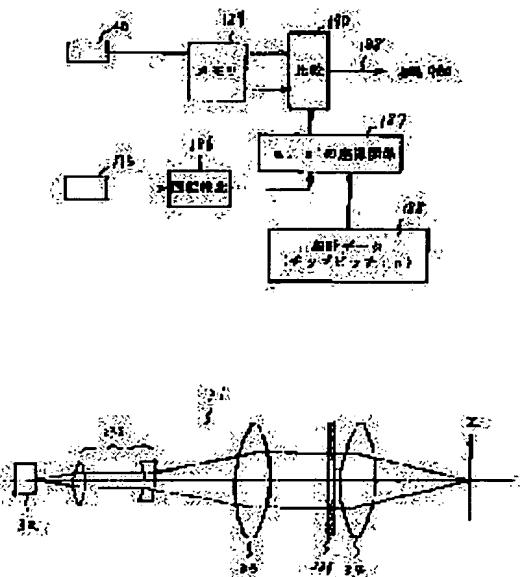
(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI ELECTRON ENG CO LTD

(22)Date of filing : 30.03.1995

(72)Inventor : NOGUCHI MINORU
NISHIYAMA HIDETOSHI
SAKAI YOSHIHISA
MORIOKA HIROSHI**(54) METHOD AND EQUIPMENT FOR INSPECTING FOREIGN MATTER****(57)Abstract:**

PURPOSE: To detect a foreign matter with high sensitivity by subjecting the source light to shading correction so that the illumination intensity will be substantially constant in the accurate linear direction thereby preventing erroneous detection owing to the mismatch in the intensity of detection signal in the chip comparison process.

CONSTITUTION: A shading correction optical system, i.e., an illumination optical system 31, employs a shading correction plate 231 which is inserted into the optical path in front or rear of a cylindrical lens 34 where the luminous flux is high. In the following chip comparison process, a chip pattern is irradiated with a light beam and a diffraction pattern is detected. Corresponding points of adjacent chips are determined and an image data detected by a linear image sensor 40 is stored in a memory 189. The corresponding points are compared sequentially by a comparison means 190 thus realizing comparison inspection. Although a memory 189 requires a capacity for temporarily storing the acquired image data, no mechanism section is required thus realizing a highly reliable system.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 21.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3379855

[Date of registration] 13.12.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

CORRECTION

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-271437

(43)公開日 平成8年(1996)10月18日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 N 21/88

識別記号

庁内整理番号

F I
G 0 1 N 21/88

技術表示箇所
E

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全18頁)

(21)出願番号 特願平7-72604

(22)出願日 平成7年(1995)3月30日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233480
日立電子エンジニアリング株式会社
東京都渋谷区東3丁目16番3号

(72)発明者 野口 稔
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 西山 英利
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

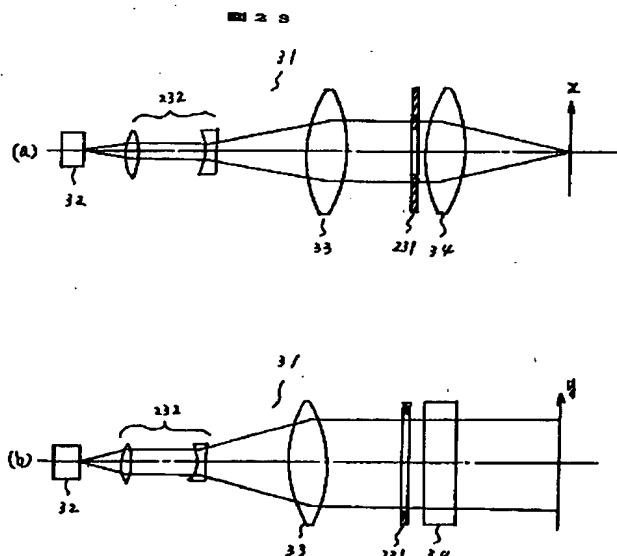
(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 異物検査方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】本発明の目的は、チップ比較処理によって異物を高感度で検査できるようにした異物検査方法及びその装置を提供することにある。

【構成】本発明は、光源31から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部241'を形成したシェーディング補正板231cにより直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系33、34により繰返しチップが形成された試料4上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系31と、該照明光学系31で照射された試料上からの散乱反射光を集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタ39を通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサ40で受光して信号に変換する検出光学系36と、該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段190とを備えたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、

この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光してリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、

これら変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法。

【請求項2】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、

この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光してリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、

これら変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法。

【請求項3】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、

この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、この変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法。

【請求項4】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、

この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、この変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする

異物検査方法。

【請求項5】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光してリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、

該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置。

【請求項6】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、

該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光してリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、

該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置。

【請求項7】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、

該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置。

【請求項8】光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、

該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、

該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置。

【請求項9】前記照明光学系のシェーディング補正板における複数の曲線状透過部の各々を、曲線状開口で形成したことを特徴とする特徴とする請求項5又は6又は7又は8記載の異物検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体ウエハ、TFT基板等の半導体基板に対して成膜するスパッタ装置及びCVD装置、パターンを形成するドライエッキング装置、レジスト塗布装置、露光装置等様々なプロセス処理装置を用いて半導体、TFT等を量産する際、様々なプロセス処理装置において、簡素な構成により、半導体ウエハ、TFT基板等の繰返しチップが形成された試料上に付着した異物を検査することができる様にした異物検査方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】上記異物検査方法及びその装置に関する従来技術としては、特開平5-218163号公報及び特開平3-44054号公報が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、照明光学系および検出光学系を備えた検査ヘッドの構成を簡素化し、チップ比較処理によって試料上に形成された繰返しチップパターンの影響を受けることなく、試料上に付着した異物を高感度で検出するという課題に対しては充分考慮されていなかった。

【0004】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、試料上に斜め方向から直線状に集光して照射する照明光の照明強度を一様にして、隣接したチップから検出される回折光の強度を同じようにしてチップ比較処理によって異物を高感度で検査できる様にした異物検査方法及びその装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光してリニア

イメージセンサで受光して信号に変換し、これら変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法である。また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、この変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法である。また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、この変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法である。また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射し、この照射された試料上からの散乱反射光を検出光学系で集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換し、この変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査することを特徴とする異物検査方法である。

【0006】また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光してリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置

である。また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光してリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置である。また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にはほぼ同じ位相分布にして直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置である。また本発明は、光源から照射された光の強度分布に対して複数の曲線状透過部を形成したシェーディング補正板により直線状の幅方向にガウス分布で集光すると共に直線状の長手方向に照明強度がほぼ一様になるように補正して集光光学系により繰返しチップが形成された試料上に斜め方向から前記直線状に集光して照射する照明光学系と、該照明光学系で照射された試料上からの散乱反射光を集光して少なくとも試料上から発生する少なくとも0次回折光を遮光する空間フィルタを通して得られる散乱反射光をリニアイメージセンサで受光して信号に変換する検出光学系と、該検出光学系のリニアイメージセンサから変換された信号を繰り返すチップ間で比較して不一致により試料上の異物として検査するチップ間比較手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置である。

【0007】また本発明は、前記異物検査装置において、前記照明光学系のシェーディング補正板における複数の曲線状透過部の各々を、曲線状の開口で形成したことを特徴とする。

【0008】

【作用】前記構成により、試料上に斜め方向から直線状に集光して照射する照明光の照明強度を一様にして、隣接したチップから検出される回折光の強度を同じようにしてチップ比較処理によって異物を高感度で検査すること

ができる。特に照明光学系におけるシェーディング補正板として、前記少なくとも直線状方向に周辺部に対して中央部の透過面積を減少させた曲線状の透過部分（開口）を直線状の幅方向に複数有することで、各位相を有する光束を平均的に通過することになり、結果的に直線状の幅方向（y軸）上の各点に、ほぼ同じ位相分布の光束が到達してガウス分布の集光が可能となる。その結果、直線状の幅方向（y軸）上の各点で最も集光する高さ（z軸上の位置）が同じとなり（焦点位置が同じとなり）、正確な直線状の長手方向（x軸方向）についてほぼ一様な照明強度をもったシェーディング補正が可能となり、チップ比較処理において検出信号強度の不一致による誤検出を防止して異物を高感度で検査することができる。

【0009】また、前記シェーディング補正板は安価に製造することができ、その結果異物検査ヘッド全体についても、大幅な原価低減を図ることができる。

【0010】

【実施例】本発明の実施例を図面を用いて具体的に説明する。

【0011】まず、第1の実施例について図1～図5を参照して説明する。プロセス処理装置としては、代表的なものとして、ワーク4に対して絶縁膜等の薄膜を成膜するCVD装置、ワーク4に対して金属薄膜等を成膜するスペッタ装置、成膜された金属薄膜等に対してエッチング処理して回路パターンを形成するエッチング処理装置がある。図1は、前記プロセス処理装置において、異物検査装置を搭載した模式図を示したものである。本装置は、プロセス処理室7、ローダ或いはアンローダ付のようなワーク供給用ステーション（供給ステーション（ローダ）8a、回収ステーション（アンローダ））8a、8bが1つ或いは複数あり、それに検出ヘッド1aと、走査ステージ1bと、ワーク4を搭載して少なくとも回転θ方向に回転位置決め（回転補正）するθステージ3（なお、θステージ3は、リニアイメージセンサで検出される画像信号を電気的に回転補正することができる、必ずしも必要でない。）とを搭載し、これら走査ステージ1b及びθステージ3を駆動制御する検査制御装置11及びデータ処理部（CPU）9を備えた異物検査装置1を設置して構成したものである。ワーク（ウェハ）4を、ワーク供給ステーション8a、8bからハンドリングするロボット機構5によりバッファチャンバー6を介してプロセス処理室7へ搬送する前に、異物検査装置1によりワーク4への異物等の付着状態の計測を行ない、プロセス処理室7へワーク4を、ハンドリングするロボット機構5によりバッファチャンバー6を介してプロセス処理室7へ搬送する。このとき、異物検査装置1のデータ処理部（CPU）9は、異物等の計測結果を算出してその値が管理規格値Mpを越えている場合には、プロセス処理室7でのプロセス処理をしないように、ブ

ロセス処理装置を制御する制御装置10へアラーム信号を送信してハンドリングするロボット機構5を制御してワーク供給用ステーション8a, 8bに戻す等の方法を取ることも可能である。このようにすることで、プロセス処理室7におけるワークの不良の作り込みを少なくでき、しかもプロセス処理装置としての稼働率も向上させることができる。一方、プロセス処理室7へ搬送されたワーク4は、プロセス処理室7において成膜処理、またはエッチング処理が行われる。次に処理されたワーク4を、ハンドリングするロボット機構5によってワーク供給用ステーション8a, 8bに戻す際に、プロセス処理後のワーク4を異物検査装置1によりワーク4への異物等の付着状態の計測を行ない、その後ワーク4をハンドリングするロボット機構5によりワーク供給用ステーション8a, 8bに収納する。このとき、計測されたワーク4への異物等の付着状態の結果は、図2に示すデータ処理部9のCPU9a等で処理され、データベースとしてメモリ9b又はハードディスク(図示せず)に保存される。そしてデータ処理部9のCPU9aは、データベースとしてメモリ9b又はハードディスク(図示せず)に保存されたプロセス処理室7へ供給する前(プロセス処理前)にワーク上への異物等の付着状態を示す処理前の異物マップとプロセス処理室7から処理されて排出されたとき(プロセス処理後)にワーク上への異物等の付着状態を示す処理後の異物マップとの間において異物数或いは異物検出位置との比較処を行ない、プロセス処理室7におけるプロセス処理においてワーク上への異物等の付着状態を示す処理による増加異物マップ(増加異物数及びその位置)をモニタ9e或いはプリンタ9fに表示させる。(このように処理後の異物マップから処理前の異物マップとの差をとることについては、特開平2-170279号公報に記載されている。)このようにしてプロセス処理装置においてワーク上への付着した異物の個数、大きさ(例えば大、中、小の3段階)も含めた異物の分布(マップ)をデータ処理部9のCPU9aにおいて算出し、メモリ9b又はハードディスク(図示せず)に格納して得ることができる。

【0012】なお、検出ヘッド1aの一実施例として、特開平5-218163号公報にも記載されているように、図3(a) (b)に示す構成がある。即ち、図3

(b)に拡大して示すように、照明光学系31は、高輝度(高強度)のレーザ光を出力する半導体レーザ32と、該半導体レーザ32から出力されたレーザ光のビーム径を拡大するビーム径拡大光学系33と、該ビーム径拡大光学系33で拡大されたレーザビームを直線状(スリット状)に集光する一軸方向集光レンズ(シリンドリカルレンズ)34と、該一軸方向集光レンズ34で集光されたレーザ光を反射してワーク4上に直線状(スリット状)に照射するミラー35とを備え、直線状のレーザ光をワーク4の表面に対して浅い角度で照射するように

構成されている。一軸方向集光レンズ34で直線状(スリット状)に集光させているが、ガルバノミラーなどのように走査光学系でレーザ光を直線状(スリット状)に照射することは可能であるが、走査光学系で高速に走査する必要があるため、光学系が複雑になる反面、ビーム径拡大光学系が不要となり、高輝度(高強度)のレーザ光を出力する半導体レーザを用いることができる。また検出光学系36は、照射された直線状のレーザ光によってワーク4の表面から生じる散乱反射光を集光する広視野(0.4~0.6等の高NA(Numerical Aperture:開口数)であるテレセントリック光学系37、38と、該テレセントリック光学系37、38の中のほぼフーリエ変換面に配置された可変型空間フィルタ39と、リニアイメージセンサ40とを備え、ワーク4の表面に存在する回路パターンのエッジから散乱反射光或いは繰返し回路パターンの空間周波数を前記可変型空間フィルタ39で遮光し、異物からの散乱反射光をリニアイメージセンサ40で受光するように構成されている。そして、ワーク4上を制御装置11の制御によりワーク4または検出ヘッド1aを一軸方向(x軸方向)に走査ステージ1bで走査すれば、ワーク4のほぼ全表面について異物等の付着状態が検査できるように、検出ヘッド1aは、図3(a)に示すように、前記照明光学系31と前記検出光学系36とを対にした6個の組を、各々千鳥状に配置して構成している。従って、ワーク4または検出ヘッド1aを相対的に一軸方向(x軸方向)に一回走査すると、図4(a)に示すようにワーク4の全面に亘って異物等の付着状態を検査することができる。

【0013】一方、検出ヘッド1aとして、前記照明光学系31と前記検出光学系36とを対にした3個の組を配置して構成して、ワーク4または検出ヘッド1aを相対的に一軸方向(x軸方向)に一回走査すると、図4

(b)に示すように検査しない領域も存在するが、ワーク4上の概ねの領域について異物等の付着状態を検査することができる。これによれば、検出ヘッド1aを簡素化でき、高速で検出ヘッド走査を可能にする。また、検出ヘッド1aとして、前記照明光学系31と前記検出光学系36とを対にした2個の組を配置して構成して、制御装置11からの制御により、ワーク4または検出ヘッド1aを相対的にy軸方向にシフトしながら一軸方向(x軸方向)に三回走査すると、図4(c)に示すようにワーク4の全面に亘って異物等の付着状態を検査することができる。しかし、この場合、ワーク4または検出ヘッド1aを相対的にy軸方向にシフトしながらx軸方向に三回走査が必要となり、検出ヘッドの組数は大幅に減らすことができる反面、走査機構が複雑になり、しかも検査時間が多く要することになる。

【0014】図2には、多数の異物検査装置1及びプロセス処理装置の制御装置(プロセスガスの流量、プロセ

スガス圧力、ワーク（ウエハ）の温度、ワークに印加する電圧等の情報も入力される。）10を接続し、異物検査装置22a及びパターン検査装置22b等からなる検査装置22を接続した走査形電子顕微鏡（SEM）21a、2次イオン質量分析装置（SIMS）21b、走査形トンネル顕微鏡（STM）21c、分光装置（STS）21d等で構成された分析装置21により異物データ解析コンピュータ20等で構成されるシステム構成の全体を示したものである。異物データ解析コンピュータ20は、メモリ20bを備えたCPU20aと、データを入力するキーボード20c及びマウス20dと、異物解析結果、並びにアラームを表示しなければならない異常のプロセス装置名及び異常の着工ロットやウエハを表示できるディスプレイ装置20eと、異物解析結果、並びにアラームを表示しなければならない異常のプロセス装置名及び異常の着工ロットや着工ウエハを出力するプリンタ等の出力装置20fと、各プロセス処理装置における着工ロット単位或いは着工ウエハ単位で異物の発生状況と推定または確認された異物の発生原因との相関関係を記憶した外部記憶装置（ハードディスク）20gとで構成している。そして、異物データ解析コンピュータ20には、多数の異物検査装置1およびその検査装置が設置されたプロセス処理装置の制御装置10からのデータが入力され、更に異物管理値Mp、Mqを越えた着工ロットや着工ウエハについて検査装置22や分析装置21で詳細に分析された結果とその推定される不良原因（入力手段20cで入力される。）とが入力され、各プロセス処理装置における着工ロット単位或いは着工ウエハ単位で異物の発生状況と推定または確認された異物の発生原因との相関関係が外部記憶装置（ハードディスク）20gに記憶される。

【0015】次に第2の実施例について、図5、図1、図2を参照して説明する。即ち、図5(a)にプロセス成膜装置にオンマシン異物検査装置（オンマシン異物モニタ）1を搭載した実施例を示す。このプロセス成膜装置は、ローダ（L）部102、アンローダ（U/L）部103、搬送室104、反応室101で構成され、搬送室104内に搬送アーム機構5、搬送室104の上側にオンマシン異物モニタ用検出ヘッド1a'を有する。ローダ部102よりウエハ4を受け取り、搬送アーム機構5により反応室101に搬送する。反応室101で処理されたウエハ4は搬送アーム機構5によりアンローダ室103に戻す。その際、搬送アーム機構5により移動途中のウエハ4の表面を搬送室104上側に搭載されたオンマシン異物モニタ用検出ヘッド1a'によりモニタ（検査）する。この実施例では、処理後のウエハ4の表面をモニタしているが、処理前或いは処理前後においてウエハ4の表面をモニタすることも可能である。

【0016】図5(b)にオンマシン異物モニタ用の検出ヘッド部1a'の断面を示す。搬送室104内は、真

空雰囲気であり、その中を搬送アーム機構5の搬送アーム5aで移動中のウエハ4を搬送室104上側に搭載した検出ヘッド1a'によりモニタ（検査）する。この検出ヘッド1a'は、搬送室104の上蓋105に取り付けられた真空対応標準フランジ106上に取り付けられている。検出ヘッド1a'は、照明光学系31、検出光学系36、ウエハ回転検出系（詳細については後述する。）110で構成され、ウエハ回転検出系110によりウエハ4の回転を検出してソフト的に（画像処理により）補正し、照明光学系31で照明されたウエハ4の表面を検出光学系36によりモニタ（検査）する。なお、真空対応標準フランジ106における検出ヘッド1a'の照明部106a、検出部106b及び検出部106cは透明部品で構成される。なお、ミラー35は、真空対応標準フランジ106上に取付けられてもよい。上記実施例では、真空対応標準フランジ106を介してモニタ（検査）しているが、検出ヘッド本体1a'を小形化することによって、搬送室104内、即ち真空雰囲気内に設置することも可能である。

【0017】次にチップ比較処理をするための実施例について図6乃至図18を参照して説明する。ウエハ回転補正について説明する。即ち、図1、図5に示す異物検出光学系（検出ヘッド）1a、1a'の直前に、ウエハ回転方向検出器110（図5に示す。）を設ける。ウエハ回転方向検出器110により得られたウエハ回転量は、ウエハの回転ステージ（θステージ）3を有する場合、或いはウエハをハンドリングするロボット機構5のハンドが回転機構を有する場合、或いは異物検出光学系（検出ヘッド）1aが回転する場合は、それにより機構的に補正する。回転補正機構がない場合は、電気回路或いはソフト処理によって回転補正を行う。なお、電気回路或いはソフト処理による回転補正の場合には、θステージまたはロボット機構のハンドまたは異物検出光学系による回転補正機構を必要としないため、機構として簡素化、及び小形化をはかることができると共にウエハの寸法に変化にも容易に対応することができる。まず、ウエハの回転方向を検出するために、

- (1) ウエハのオリフラ方向を検出する。
- (2) ウエハの回路パターン方向を検出する。

①回折光検出

②回路パターン画像検出（特徴抽出）

厳密には、回路パターン方向とオリフラ方向がずれているので、正確に回路パターンの方向を検出する必要がある場合には、回路パターンの方向を検出しなければならない。

【0018】ウエハ4は、ウエハ回転方向検出器110の下を通過、或いは一時静止時にウエハの回転方向を検出する。

(1) ウエハのオリフラ方向を検出する方法について具体的に説明する。図6より第1のウエハ回転方向検出器

110aの検出方法について説明する。即ち、数個の発光点152を有する照明系の下をウエハ4がウエハ移動方向Vに沿って通過し、153の位置から154の位置に移動する。図にウエハ回転方向検出器151の照明系の発光点152から出た照明光のウエハ4上の軌跡155を示す。発光点Aの場合、照明光がウエハ4に当たり始める時間A_sとウエハ4がはずれる時間A_eとを測定し、これを他の発光点B～Gについても行う。以上のデータとウエハ4の移動時間によりウエハ4のオリフラ156の方向を求め、ウエハ4の回転ずれ量θ1を計算する。またウエハ4の回転方向の検出方法としては、スクライプエリア検出、チップ検出、アライメントマーク等の特殊マーク検出がある。

【0019】図7より第2のウエハ回転方向検出器110b及び第3のウエハ回転方向検出器110cの検出方法について説明する。即ち、第2のウエハ回転方向検出器110bは、(b)に示すように、線状に照明する照明光源162と線状に照明されたウエハ4のオリフラエッジも含め輪郭から反射した反射光を検出する線状に配列されたセンサ163で構成され、該センサ163で検出される反射画像信号に基づいて図6と同様にオリフラエッジ156の方向(ウエハ4の回転ずれ量θ2)を求めることができる。ここで、このように反射光検出の場合は、オリフラエッジを検出する以外に、ウエハ4の表面上にある回路パターン(スクライプエリア検出、チップ検出、アライメントマーク等も含む)の像の特徴を抽出することにより、ウエハの回転ずれ量を計算して検出することもできる。また第2のウエハ回転方向検出器110cは、(c)に示すように、線状に照明する照明光源166とウエハ4のオリフラエッジも含め輪郭で遮蔽された光を検出する線状のセンサ167とで構成され、該センサ167で検出される遮蔽光画像信号に基づいて図6と同様にオリフラエッジ156の方向を求めることができる。

【0020】(2) ウエハの回路パターン方向を検出する方法について具体的に説明する。

【0021】まず、ウエハ上の回路パターンからの回折光検出によるウエハ回転ずれ量を検出する方法について説明する。図8に、ウエハ回転方向を検出するために、ウエハ回転方向検出器110dによるウエハ4上の回路パターンからの回折光を検出する方法を示す。レーザ光源等から構成された照明光源171から出射された光を集光レンズ172で集光させてミラー173で反射させて斜方照明によりウエハ4上の回路パターンを照明し、その回折光を上方に設けた対物レンズ174と検出器175とにより検出する。ここで、検出器175は対物レンズ174のフーリエ変換面位置に設置し、ウエハ4は一軸方向移動中でも、一時静止中でもよい。フーリエ変換面上での検出像を図8(b)(c)に示す。同図(b)は、ウエハ回転無(ウエハ基準位置)の場合であ

り、ウエハ上の主たる回路パターンまたは繰返し回路パターンからの回折光(0次光)177は検出器175の中央(Y軸方向の中心)に結像する。同図(c)は、ウエハ回転有の場合であり、ウエハ上の主たる回路パターンまたは繰返し回路パターンからの回折光(0次光)178は検出器175の中央から△dずれて結像する。このずれ量△dは、ウエハの回転ずれ量θ3と相関関係にあり、ずれ量△dからウエハの回転ずれ量θ3を求められる。即ち、検出器175に接続されたCPU176は、検出器175から検出される回折光に基づく画像信号からずれ量△dを算出し、このずれ量△dからウエハの回転ずれ量θ3を算出することができる。ここで、照明光源171から出射される光が、ウエハ4の表面上に斜め方向から集光照射される(投影される)関係で、照明光源171としては点光源ほど、回折光はシャープに結像するため、ウエハの回転ずれ量の検出精度は高くなる。また検出器としては、TVカメラ、一次元リニアセンサ、或いはポジションセンサ等を用いることができる。

【0022】次に図9に、ウエハ回転ずれ量を検出するために、ウエハ上の回路パターンからの回折光を検出する方法として、図8における斜方照明の代わりに、垂直照明を用いた場合(ウエハ回転方向検出器110e)を示す。即ち、図8における照明光源171、集光レンズ172及びミラー173の代わりに、照明光源181及びハーフミラー182によって構成した。この場合、図8に比べてユニット本体の小形化が可能のことと、ウエハの回転ずれ角において全角度(360度)が検出可能ことである。即ち、ウエハ4上に形成されている回路パターンには、主としてX方向成分とY方向成分とから成り立っているため、ウエハ回転無(ウエハ基準位置)の場合には、(b)に示すように十字状の回折光(0次光)183が検出器175のX、Y軸方向に結像し、ウエハ回転有の場合には、(c)に示すように回折光184が検出器175のX、Y軸方向から角度θ4ずれて結像される。検出器175に接続されたCPU176は、検出器175から検出される十字状の回折光に基づく画像信号から角度ずれ量θ4を算出し、この角度ずれ量θ4からウエハの回転ずれ量θ4を算出することができる。

【0023】次に図10に、ウエハ回転ずれ量を検出するために、ウエハ上の回路パターンからの回折光を検出する方法として、図8における上方に設置した検出器及びレンズを斜め方向に設置した場合(ウエハ回転方向検出器110f)を示す。即ち、図8における検出器175及びレンズ174の代わりに、検出器192及びレンズ193を斜め方向に設置して構成した。そして照明光源195と集光レンズ196とで構成される照明光学系194も、検出器192とレンズ193とで構成される検出光学系191とが対向するように配置されている。

この場合、ウエハ回転無（ウエハ基準位置）の場合には、(b)に示すように回折光（0次光）197が検出器193の中央（Y軸方向の中心）に結像し、ウエハ回転有の場合には、(c)に示すように回折光198が検出器192の中央（Y軸方向の中心）から偏位 $\Delta d'$ と角度 $\Delta\theta_5$ とがずれて結像される。この合成されたずれ量 $\Delta d' + \Delta\theta_5$ は、ウエハの回転ずれ量 θ_5 と相関関係にあり、合成されたずれ量 $\Delta d' + \Delta\theta_5$ からウエハの回転ずれ量 θ_5 を求められる。即ち、検出器193に接続されたCPU176は、検出器192から検出される回折光に基づく画像信号から合成されたずれ量 $\Delta d' + \Delta\theta_5$ を算出し、このずれ量 $\Delta d' + \Delta\theta_5$ からウエハの回転ずれ量 θ_5 を算出することができる。

【0024】次に図11に、ウエハ回転ずれ量を検出するため、ウエハ回転方向検出器110gによるウエハ上の回路パターン像を用いる方法を示す。即ち、照明光源202と集光レンズ203とミラー204とハーフミラー205とによって構成された上方照明光学系201により、ウエハ4上の繰り返される回路パターンを照明し、この照明されたウエハ4上の回路パターンの光像を、対物レンズ207と結像レンズ208と検出器209とから構成される検出光学系206によって検出する。検出器209がTVカメラの場合には、ウエハの一時静止画像を、また検出器209がリニアセンサの場合にはウエハは一軸走査中で、結像されたウエハ4上の回路パターンの光像を撮像して検出することができる。同図(b)には検出画像を示す。検出器209に接続されたCPU176は、同図(b)に示す画像におけるチップ210の傾斜角またはスクライブエリア211の方向を検出することによって、ウエハ4の回転ずれ量を算出することができる。

【0025】次に回転合わせに関する技術について説明する。本出願の対象は基本的には半導体であるが、微細パターンが繰り返し形成された、たとえば、液晶表示素子及びこの形成過程の基板、その他のパターンが形成された基板であっても良い。本出願の異物検査装置は、隣接チップ比較が重要技術である。この隣接チップ比較技術は、隣接チップの対応点を知り、対応点の検出出力信号レベルを比較し同じ信号レベルで有れば、いずれのチップにも欠陥や異物は存在しないと判断し、信号レベルに違いが大きければ、信号レベルの大きい方のチップ上に欠陥あるいは異物が存在すると判断する。この技術は、上記説明したように隣接チップ間の対応点を見つける必要がある。この対応点を見つける方法は、もちろん何であってもかまわないわけである。一例として、全てのデータ取得後に、チップが配列している方向と考えられる方向x, yについてデータの相関関数を取り、相関関数の周期からチップのサイズpと配列方向θを算出すればよい。この方法は、データを格納する記憶装置に大きな容量が必要になるため、以下の方法も考えられる。

すなわちチップピッチpを設計データから取り込み、チップ配列の方向をウエハ毎に検出する事で隣接チップ間の対応点を知ることができる。(図13)

この方法では、チップ配列の方向、すなわちウエハの回転方向を知ることが必要である。一つの方法として、ウエハ4に形成されたオリフラ（オリエンテーションフラット）156の向きを測定しても良い。これは、パターン形成の際、オリフラの向きを基準にしていることが前提である。また、別の方法として、ウエハ上に形成されているチップの方向θを直接計測しても良い。ところが、ウエハ上に形成されたパターンは複雑な場合が多くパターンの形状からパターンの形成方向を測定することは難しい。ここで、図12にウエハ回転方向検出器110eで示すように、形成されたパターン上に光ビームを照射するとパターンの形状により回折が生じ回折パターンが検出できる。多くのウエハ上のパターンは、x及びy方向を持つ基本パターンの繰り返しで形成されている場合が多いため、この回折パターンは主に、x及びy方向に射出する、言い換えれば、図12に示すように、0次回折光184がx及びy方向に回折する。そこで、検出像（回折像）185から0次回折光184の方向を測定すれば、ウエハ4上のパターンの方向θを正確に知ることができる。

【0026】測定したチップの配列方向θは、取り込んだデータ上の隣接チップ間の対応点（図14に示すa, a'の座標関係187）を知るため（図12に示す電気的処理によるウエハ回転補正187において回転補正オペレータによるチップピッチpに対するチップの配列方向θ回転補正するため）に用い、リニアイメージセンサ40で得られる画像データ（図15にメモリ範囲で示す画像）を順次メモリ189に格納させ、比較手段190は、これら対応点（図15に示すaとa'、bとb'）を順次比較していくことで上記比較検査（異物等の欠陥検査）を実現する。この方法は、取り込んだ画像データを一時的にメモリ189に格納する記憶容量が必要になる一方、機構部が不要で信頼性の高いシステムを実現できる。また、別の方法として、図17に示すように、上記のチップの配列方向θにリニアイメージセンサ（1次元検出器）40の長手方向が平行になるように検出系36全体を回転する事で、隣接チップ上の対応点が必ず検出器40上にくるようにすることができる。この方法により対応点を知るために一時的に画像データをメモリ189に格納する容量を最小にできる。逆に、この方法は検出器36全体を回転させる必要があるため、回転機構部が必要となる。

【0027】以上の方法は、ワーク（ウエハ）上にオリフラあるいはノッチ等が形成されていないワーク（ウエハ）のチップの配列方法を検出できるという効果がある。また、この方法は、ワーク（ウエハ）上のパターンを直接測定するので、オリフラ等を用いた方法より高精

度の測定と高精度の対応点を取ることが可能となる。以下、回転検出部110の具体的構成を図12に基づいて説明する(図9にも同様な構成が示されている。)。回転検出部110eは、できる限り点光源に近い光源181、ハーフミラー182、結像光学系174、2次元の検出器175から構成される。点光源181は、ハーフミラー182、結像光学系174、ウェハ4を介して、検出器175上に結像する。ここで、ワーク(ウェハ)4は、基本的にはミラーと考えて良い。

【0028】ここで、結像光学系174とワーク(ウェハ)4との間は、無限遠系(テレセントリック光学系)に構成されていると良い。この部分が無限遠系に構成されている場合、ワーク(ウェハ)4の光軸方向の位置が多少の変動をしても検出結果に大きな影響を及ぼさない

$$\begin{aligned}x \sin \theta_1 - y \cos \theta_1 &= 0 \\x \cos \theta_2 + y \sin \theta_2 &= 0\end{aligned}$$

但し、 $\theta_2 = (\pi/2) + \theta_1$

この直線の θ_1 、 θ_2 は相互に直交する事がわかっているため、実質的に変数は一つである。ここで、光軸中心を画像の原点として、上記の(数1)式、(数2)式のx及びyに直線上の座標を代入すれば θ が算出できる。画像上の全ての点についてこの θ を算出し、その際の画像上の検出出力で重み付けしたヒストグラムを図18(a)に示すように作成する。このヒストグラムのピークが上記の直線の θ_1 、 θ_2 になる。これは、直線上の画素では信号が大きく検出されるためである。

【0030】ここで、現実的には、 θ の精度を向上しよ

という効果を持つ。検出器175で検出した画像(回折像)185を図12に示す。多くの半導体パターン及び液晶表示のディスプレイパターンでは、図に示したようなx方向とy方向の0次回折光184が十字状の直線に検出される。ここで、この回折光184の方向がウェハ4上のチップ配列 θ の方向に対応する。ここで検出された画像185から、よく知られたHough変換186によって十字形状を形作る直線の方向が測定できる。ここで特徴的のは、ワーク(ウェハ)4が光軸に対して、垂直あるいはほぼ垂直に載置されている場合、通常2次元であるHough変換を1次元に圧縮できる。次に2つの直線の(数1)式(数2)式を示す。

【0029】

(数1)

(数2)

うとするとヒストグラムの段階を高分解能にする必要がある。ところが、ヒストグラムの段階を高分解能になると縦軸の値が小さくなり、曲線がなめらかでなくなり、ピークを算出する時の精度が落ちることになる。そこで、これらのトレードオフを解決する方法として、次の(数3)式に示した重心算出方法が良い。(数3)式は、 θ_1 の算出式を示したが、 θ_2 についても同様に算出することができる。

【0031】

【数3】

$$\theta_1 = \frac{\sum_{\theta_1 - \delta_0 < \theta < \theta_1 + \delta_0} I(x, y) \cdot \theta(x, y)}{\sum_{\theta_1 - \delta_0 < \theta < \theta_1 + \delta_0} I(x, y)}$$
(数3)

【0032】なお、 $I(x, y)$ は、例えば図12に示す検出像185の0次回折光184の強度を表す。この方法は、回転位置 θ_1 又は θ_2 が存在する範囲($\theta_1 - \delta_0 < \theta < \theta_1 + \delta_0$ 又は $\theta_2 - \delta_0 < \theta < \theta_2 + \delta_0$)を予め知つている必要があり、存在範囲をより正確に予測できたときに検出精度が向上する。従って、事前にオリフラ合わせ等により各ワーク(ウェハ)の向き、つまりチップ配列方向 θ をある範囲にそろえておく必要がある。また、1次以上の回折光が存在しない場合は、加算範囲を0度から90度にしても理論上は完全な値が算出できる。従って、1次以上の回折光強度は小さい方が望ましい。演算時間が問題にならなければ、2次元のHough変換を用いれば良いのは言うまでもない。

【0033】また、以上の式では θ を算出してヒストグ

ラムを求めたが、演算時間の短縮と言う観点からは、 $\tan \theta$ 、 $\sin \theta$ あるいは $\cos \theta$ を算出してヒストグラムを求めてても良い。微細な光軸のずれがあった場合、 θ は誤差を持った状態で算出される可能性がある。この回折光を用いた方式の場合、微細な光軸のずれは具体的には、ヒストグラムのピークの山割れ現象(図18(c)に示す。)となる。これは、図18(b)に示すように、回折パターン184の場合、真の直線の方向 θ に対して芯ずれの際に算出される誤差を持った角度が、+側と-側に存在するために生じる。従って、上記に示したように、重心を算出する場合、光軸のずれはキャンセルされることになる。この意味でも、(数3)式に基づいて、重心を求める方法は高精度算出が期待できる。

【0034】以上の1次元のHough変換を用いた方

法は、光軸中心が、検出した画像上に無い場合も適用可能である。具体的には、画像の外に存在する光軸中心を画像と同一の座標系で表せばよい。この回折光を用いる方法では、光軸中心の検出信号出力が極端に大きい場合が多く画像上の光軸中心の周囲の広い範囲に渡って検出器の出力が飽和してしまうことが多い。そこで、光軸中心の適当な範囲をマスクしてしまい、 θ の算出に使わない方が検出精度が向上する場合が多い。このマスクは、光学系上に設置された遮光板、あるいは、検出した信号の中心部のデータを用いないと言ったソフト上のsマスクであっても良い。実際には、図12の検出像185に示すように、±1次あるいは±2次の回折パターン192が形成、検出される。ところが、通常は、これらのパターン192は、0次回折光184より微弱であるため、以下に示す方法で無視できる。第一に、しきい値を用いて2値化する方法、第二に多値のデータを用いる方法である。検出器が2次元の場合を説明したが、1次元の検出器を用いても以下のように、回転検出系が実現できる。

【0035】即ち、図14に示す処理装置でウエハ回転ずれを補正することができる。この処理装置（補正装置）は、回転検出光学系110e（検出器175）、回転検出算出系186、隣接チップ対応点ベクトル算出系（a、a'の座標関係）187、画像データを記憶するメモリ189、比較手段190から構成される。回転検出算出系186では、上記説明した方法によりチップ配列の方向 θ が算出される。この θ と、設計データから入力されるチップピッチ p のデータより、隣接チップ対応ベクトルが算出される。チップ比較手段190では、メモリ189に蓄積されたメモリ情報からリニアイメージセンサ40の長手方向に対する隣接チップ対応ベクトルにより対応点（図15に示すaとa'、bとb'）が取り出され、信号出力が比較されて、不一致による異物信号188が検出される。ここで、視野は、チップピッチの2倍より大きい必要がある。また、ワーク（ウエハ）の許容傾き（異物検査を実施する上で許容できるワークの傾きの範囲）を θ とすると、メモリ189に記憶するメモリの範囲1は、リニアイメージセンサ40の視野サイズに $\sin \theta$ を乗じた長さの範囲を記録できる容量が必要になる。

【0036】次にワーク走査方向比較方式での回転補正について図15（b）に基づいて説明する。即ち、比較する隣接チップが、図15（a）に示すように、リニアイメージセンサ40の長手方向の場合について説明してきたが、比較対象チップは、リニアイメージセンサ40の長手方向である必要はなく、以下に説明するように、リニアイメージセンサ40の長手方向に直角な方向、すなわち、ワークの走査方向であっても良い。上記のリニアイメージセンサ40の長手方向の比較と同様に、リニアイメージセンサ40の長手方向に直角な方向に対する

隣接チップ対応ベクトルを算出することにより隣接チップの対応点を求めることができる。メモリのサイズ（メモリ範囲1）についても同様の演算により算出できる。この場合、検出視野がチップサイズに対して十分に大きな値を持っていない場合であってもチップ比較が実現できる反面、ハンドリング機構等によるワークの送り精度を高くして、走査方向に存在する隣接チップの対応点を正確に知る必要がある。また、この走査方向比較では、 θ が0度に近い場合、照明のムラ、検出レンズのムラなどの影響がなくなるという効果がある。

【0037】次に回転合わせ機構による回転補正について図16及び図17を用いて説明する。即ち、前記メモリを用いた処理装置による回転補正に対して、回転検出算出系186で算出されるチップ配列の方向 θ （図17に示す。）に基づいて光学系36全体（照明系31及び回転検出光学系110も一緒にしても良い。）またはワーク（ウエハ）を回転させることによって、隣接チップの対応点の算出を簡便にすることができます。そしてチップ比較手段191において、メモリ189に蓄積されたメモリ情報から対応点が取り出され、信号出力が比較されて不一致による異物信号188が検出される。さらにこの方法の効果として、ワーク（ウエハ）を走査する機構の精度（送り速度のムラ、光軸方向の振動、走査方向検出器方向の振動など）が悪い場合でも対応できる点がある。また、このように回転合わせ機構を用いることにより、走査方向とチップ配列方向を垂直にする必要がなくなる。また、空間フィルター39を用いる場合、空間フィルター39の角度がチップ配列に対して正確に合うため、空間フィルター39の効果を最大限に引き出すことができる。

【0038】次に0次カット空間フィルター方式+チップ比較について説明する。即ち、チップ比較方式を用いる場合、必ずしもn次の回折光を遮光する空間フィルター39を用いる必要のない場合がある。特に、ウエハ4上に形成されたチップパターンの最小セルサイズが小さくなり、その1次以上の回折光が検出レンズ37に入らない場合、0次光だけを遮光すればよいことがある。この場合、空間フィルター39を用いる際に必要なウエハ4のそりに対する対応、ウエハ4の傾きに対する対応が必要になるという利点がある。ウエハ上のチップ配列方向が図21に示すように、 θ の時の回折光及び検出レンズの開口の様子を図19、図20に示す。図19は照明の入射角度 α 、検出レンズ37の見込み角 γ とし、ある球面282を想定し、この球面282と照明の交点283、検出レンズ37の見込み角との交線284を図20に示す。なお、283は球面282上の入射点、285は球面282上の出射点である。ここで、検出レンズ37に0次回折光が入射しないようにウエハ4を θ 方向に回転する事によって、ウエハ4上の主なパターンの情報を消去することができる。これにより、ウエハ4内の

パターン上に付着した異物あるいは欠陥を強調して検出することができる。このようにして検出した後に、上記のチップ比較を実施すれば、上記の異物や欠陥を検出できる。検出光学系38がパターンを逃げる条件の式は次

$$\sin \alpha \cdot \sin(x_0) > \sin \gamma$$

この際の回転角 x_0 の最大値 $x_0(\max)$ は、上記の

$$\sin(x_0(\max)) = \sin \gamma$$

即ち、ウエハ4と検出器40を含めた検出光学系36との間の相対的な回転ストロークは、上記の $x_0(\max)$ が実現できるように選定されれば十分である。具体的には、検出光学系36の対物レンズ37の開口数 ($N_A = \sin \gamma$) が0.1程度 (焦点距離 $f =$ 約 70 mm (図5(b)に示すように搬送室104の外側から透明な窓106を通してワーク (ウエハ) 4上の異物を検出するためには焦点距離 f として約 50 mm 以上は必要となるためである。)、焦点深度が約±60 μm (自動焦点合わせをしないでワーク (ウエハ) 4上の異物を検出するために焦点深度として±40 μm～±30 μm程度が必要となる。) で、 α が60度の場合、 $x_0(\max)$ は約6.6度となり、検出光学系36の対物レンズ37の開口数 ($N_A = \sin \gamma$) が0.08程度 (焦点距離 $f =$ 約 90 mm、焦点深度が約±60 μm) で、 α が85度の場合、 $x_0(\max)$ は約4.6度となり、 $x_0(\max)$ 、即ち相対的な回転ストロークとして5度から10度程度の回転許容範囲が実現できれば十分である。ワーク (ウエハ) 4が θ として、 $\theta > x_0(\max)$ の条件で搬送されてくるのならば、ワーク (ウエハ) 4または検出光学系36を回転させることが必要でないことは明らかである。

【0040】 以上の方法は、検出光学系36の中に0次カットフィルター39を設置する必要がなくなるため、検出光学系36の結像性能を落とさずに済むと言う効果がある。ここでは、上記の0次回折光が遮光できれば良いわけであるから、ウエハ4の回転角度 θ が0度になるように設定されても良い。この場合、図3及び図22に示す0次カットフィルター39が必要になる。この場合の0次カットフィルター39は幅を広めに、具体的には、0次回折光が十分に遮光できるように実験的に求められるものである。この場合、前述したように、ウエハ4の回転を検出し、回転補正を実施してチップ配列ベクトルを算出してチップ比較を実現する方法と、ウエハの回転検出はせずにチップ比較をしない方法が考えられる。しかしながら、チップ比較を実施する方法が、実施しない方法に対して検出感度等が低くなる。特に、ウエハ4上に形成されたパターンにおいては、角部の丸みのように様々な方向成分を有して0次カットフィルター39で全てを取り除くことができない。従って、チップ比較することによって0次カットフィルター39で消去できないものも除去することができる。

【0041】 次にシェーディングの補正について説明す

に示す (数4) 式で得られる x_0 まで相対的にウエハ4を回転する。つまり、 $x_0 - \theta$ だけ相対的にウエハ4を回転する。

【0039】

(数4)

(数4) 式より次の (数5) 式の関係で求められる。

(数5)

る。本発明では、上述したように、隣接チップ間で信号出力を比較するため、照明はより均一な強度で照射されることが必要となる。即ち、比較する隣接チップ間において、異物が存在しないときには、リニアイメージセンサ40からほぼ同一レベルの信号が検出される必要がある。そのためには、斜め方向から直線状に集光照射される直線状の光束41は直線状の長手方向 (y 軸方向) に均一な (一様な) 照明強度が必要となる。ところが、半導体レーザ光源等の光源31から照射されるビームは、一般的に中心が強く周辺が弱い。結果的に、図26

(a) に示すように、照明強度は、直線状の視野の中央付近で強く、周囲で弱くなっている。そこで、図3に示す照明光学系31の射出位置付近 (シリンドリカルレンズ34の前に) にこの強度分布を逆に補正するような補正板231を挿入する。この補正板231は、図24に示す曲線状のスリット241を有する補正板231aであってもよく、波長特性を持たない図25に示すように中央付近の透過率 (同図 (b) に示す。) を落としたND (Neutral Density) フィルター231bであってもよい。しかし、このようなND (Neutral Density) フィルター231bは、曲線状 (鼓状) のスリット (開口) 241を有する補正板231aに比べて非常に高価となる。そのため、シェーディング補正板231として安価な曲線状 (鼓状) のスリット (開口) 241を有する補正板231aを使用する。

【0042】 図23にシェーディング補正光学系としてシェーディング補正板231aを用いた照明光学系31を示す。このシェーディング補正板231aは、光路中のどこにあっても良いが、調整の容易さ、補正板231aの製作精度等を考えると光束が大きい位置であるシリンドリカルレンズ34の前後に挿入するのが良い。なお、232は、半導体レーザ光源32から出射されたレーザ光の光束を拡大するビーム径拡大光学系 (ビームエクスパンダー) である。

【0043】 ここで、図26に照明の照度分布を示す。同図 (a) に示すような分布の照明がシェーディング補正板231aを挿入することによって同図 (b) に示すように平坦な分布 (一様な分布) になる。

【0044】 ところが、図24に示すシェーディング補正板231aを用いた場合、集光照射された直線状の光束の幅方向 (x 軸方向) の断面は、図27に示すように、中央付近が弱い光強度分布になる。そのため、照明の微妙な位置ずれや基板 (試料) 4の z 方向 (高さ方

向)の変位(焦点位置変動)により、照明強度が極端に変動することになる。この原因は、照明光の位相分布によるものである。この光学系は、シリンドリカルレンズ34を用いているため、図29に示すような等位相面が形成される。図29には、この等位相面を補正板231a上に示す。この補正板231aを通過した光がシリンドリカルレンズ34によりy軸上に直線状に集光される。この際、照明光束の等位相面mの一部が補正板231aで遮光されるため、集光面ではy軸状の各点で、位相分布の異なる光束が通過することになる。この結果、y軸上の各点で最も集光するz軸上の位置が異なり(焦点位置が異なり)、集光しないy軸上のある位置では、図27に示すような中央付近が弱い光強度分布の波形となる。そのため、照明の微妙な位置ずれや基板(試料)4のz方向(高さ方向)の変位(焦点位置変動)により、照明強度が極端に変動することになる。

【0045】そこで本発明は、図30に示すような、複数の曲線状(鼓状)のスリット(開口)241'を有するシェーディング補正板231cを用いることで、各位相を有する光束を平均的に通過させることになり、結果的に、y軸上の各点に、同じ位相分布の光束が到達できるようにしたものである。

【0046】そこで、図30に示すような形状のシェーディング補正板231cを用いれば、補正板231cを通過する光束の位相が、y軸上の各点でほぼ同じになり、図28に示すようなガウス分布の集光が可能になり、照明の微妙な位置ずれや基板(試料)4のz方向(高さ方向)の変位(焦点位置変動)により、照明強度の変動を防止することができる。

【0047】ここでは、図30に示したような2つの曲線状(鼓状)のスリット(開口)241'を有するシェーディング補正板を示したが、本発明においては、上記説明したように等位相面を有する光束を通過させるのが目的であるから、2つ以上の複数の曲線状(鼓状)のスリット(開口)を用いても同じ効果が得られるのは言うまでもない。

【0048】また上記実施例においては、シェーディング補正板231cとして、遮光板に複数の線状(鼓状)のスリット(開口)241'を形成した場合を示したが、透明なガラス板に複数の曲線状(鼓状)のスリット(開口)以外を遮光する遮光フィルムを付着して形成しても安価に製造できることは明らかである。

【0049】

【発明の効果】本発明によれば、半導体ウエハ、TFT基板等の半導体基板に対して成膜するスパッタ装置及びCVD装置、パターンを形成するエッチング装置、レジスト塗布装置、露光装置、洗浄装置等の様々なプロセス処理装置において、半導体ウエハ、TFT基板等の半導体基板に対して付着した異物を、簡素化された構成により高感度で検査することができる効果を奏する。

【0050】また本発明によれば、試料上に斜め方向から直線状に集光して照射する照明光の照明強度を一様にして、隣接したチップから検出される回折光の強度を同じようにしてチップ比較処理によって異物を高感度で検査することができる。特に照明光学系におけるシェーディング補正板として、前記少なくとも直線状方向に周辺部に対して中央部の透過面積を減少させた曲線状の透過部分(開口)を直線状の幅方向に複数有することで、各位相を有する光束を平均的に通過することになり、結果的に直線状の幅方向(y軸)上の各点に、ほぼ同じ位相分布の光束が到達してガウス分布の集光が可能となり、その結果、直線状の幅方向(y軸)上の各点で最も集光する高さ(z軸上の位置)が同じとなり(焦点位置が同じとなり)、正確な直線状の長手方向(x軸方向)についてほぼ一様な照明強度をもったシェーディング補正が可能となり、チップ比較処理において検出信号強度の不一致による誤検出を防止して異物を高感度で検査することができる効果を奏する。また、本発明によれば、前記シェーディング補正板は安価に製造することができ、その結果異物検査ヘッド全体についても、大幅な原価低減を図ることができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わるプロセス処理装置に異物検査装置を設置した場合の実施例を示した図である。

【図2】本発明に係わる全体のシステム構成を示した図である。

【図3】本発明に係わる検査ユニット(検出ヘッド)の具体的構成を示す図である。

【図4】本発明に係わる検査ユニット(検出ヘッド)におけるチャンネル数と走査の仕方との関係を示した図である。

【図5】本発明に係わるプロセス処理装置に異物検査装置を設置した場合の図1とは異なる実施例を示した図である。

【図6】本発明に係わるウエハのオリフラを検出してウエハ回転方向を検出する実施例を説明するための図である。

【図7】本発明に係わるウエハのオリフラを検出してウエハ回転方向を検出する図6と異なる実施例を説明するための図である。

【図8】本発明に係わるウエハ上に形成されたチップ格子を検出してウエハ回転方向を検出する実施例を説明するための図である。

【図9】本発明に係わるウエハ上に形成されたチップ格子を検出してウエハ回転方向を検出する図8と異なる実施例を説明するための図である。

【図10】本発明に係わるウエハ上に形成されたチップ格子を検出してウエハ回転方向を検出する図8及び図9と異なる実施例を説明するための図である。

【図11】本発明に係わるウエハ上に形成されたチップ

格子を検出してウエハ回転方向を検出する図8及び図9及び図10と異なる実施例を説明するための図である。

【図12】本発明に係わる検出像からウエハの回転角を検出する仕方を説明するための図である。

【図13】本発明に係わるチップ比較において回転補正オペレータを施すための説明図である。

【図14】本発明に係わるソフト処理で行うチップ比較システムを示す図である。

【図15】図14の説明図である。

【図16】本発明に係わる回転機構を用いて行うチップ比較システムを示す図である。

【図17】図16の説明図である。

【図18】本発明に係わる検出像からウエハの回転角を検出するための説明図である。

【図19】照明光とウエハからの回折光と対物レンズの開口数との関係を示す正面図である。

【図20】照明光とウエハからの回折光と対物レンズの開口数との関係を示す平面図である。

【図21】ウエハのチップ配列方向を示す図である。

【図22】空間フィルタで0次回折光を遮光する説明図である。

【図23】本発明に係わる検査ユニットにおける照明光学系にシェーディング補正板を挿入した場合を示す図である。

【図24】シェーディング補正板として、一つの曲線状(鼓状)の開口を形成したものを示す図である。

【図25】シェーディング補正板として、高価なND(Neutral Density)フィルターを説明するための図で、(a)は円形形状を、(b)はその透過率を示す図である。

【図26】直線状の光束の長手方向(y軸方向)の照明光の強度分布を示す図で、(a)はシェーディング補正板を挿入しない場合、(b)はシェーディング補正板を挿入しない場合を示す図である。

【図27】シェーディング補正板として、一つの曲線状(鼓状)の開口を形成したものを用いた場合における直線状の光束の幅方向(x軸方向)の照明光の強度分布を示す図である。

【図28】本発明に係わる複数の曲線状(鼓状)の開口を形成したシェーディング補正板を用いた場合における直線状の光束の幅方向(x軸方向)の照明光のガウス分布を示す図である。

【図29】シェーディング補正板上における等位相面を示す図である。

【図30】本発明に係わる複数の曲線状(鼓状)の開口を形成したシェーディング補正板の一実施例を示す図である。

【符号の説明】

1…異物検査装置、1a, 1a'…検査ユニット(検出ヘッド)

1b…走査ステージ、3…θステージ、4…ワーク(ウエハ)

5…ハンドリング機構(搬送ロボット)、5a…搬送アーム

6…バッファチャンバ、7…プロセス処理室

8a, 8b…ワーク供給用ステーション(ローダ、アンローダ)

9…データ処理部(CPU)、10…制御装置、11…検査制御装置

20…異物データ解析コンピュータ、20g…データベース(ハードディスク) 21…分析装置、22…検査装置、31…照明光学系、35…ミラー

36…検出光学系、39…空間フィルタ

37…テレセントリック光学系(対物レンズ)、40…リニアイメージセンサ

41…照明された直線状の光束、101…反応室、102…ローダ部

104…搬送室、105…上蓋、106…真空対応標準フランジ

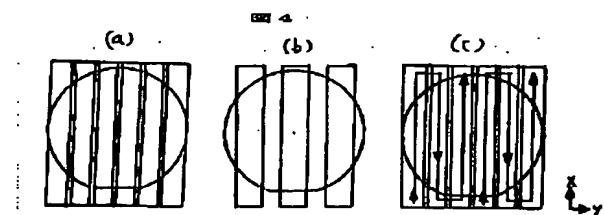
186…回転検出処理、187…回転補正オペレータ、189…メモリ

190…比較処理手段

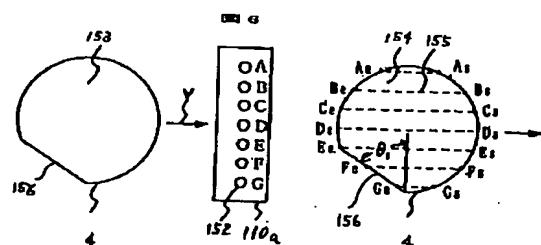
231, 231a, 231b, 231c…シェーディング補正板

241, 241'…開口

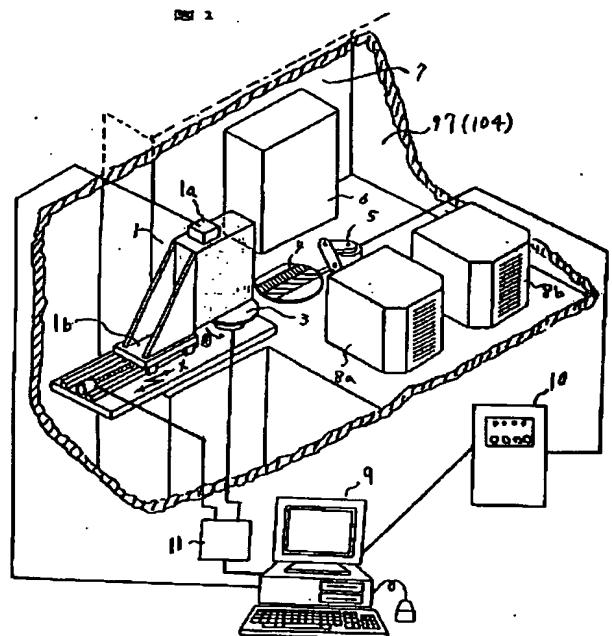
【図4】



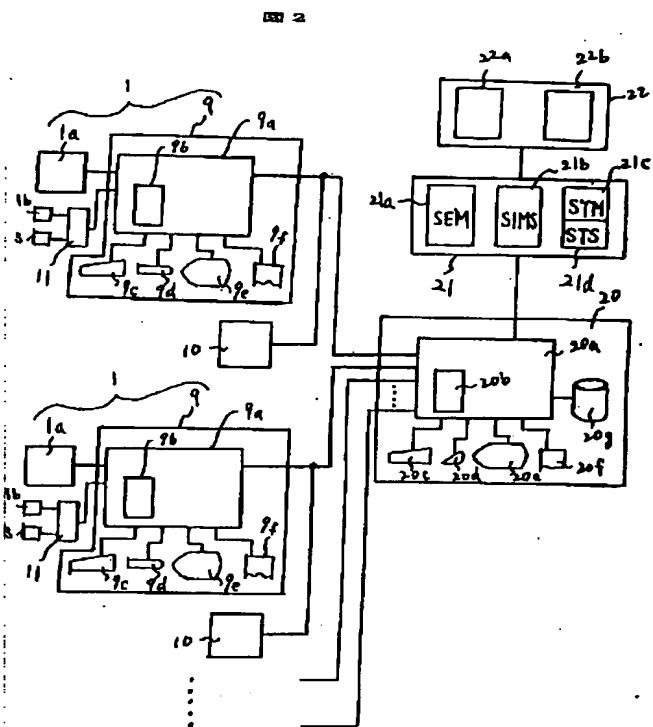
【図6】



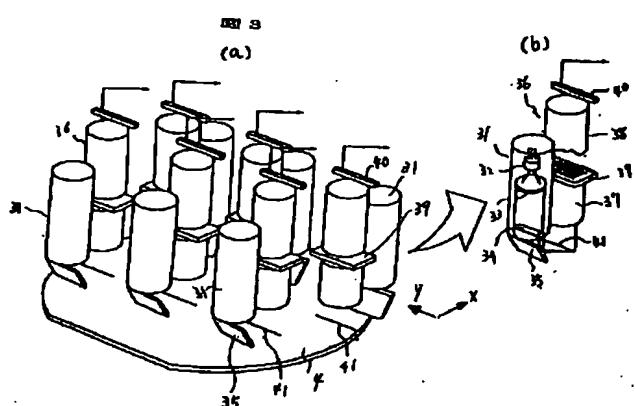
【図1】



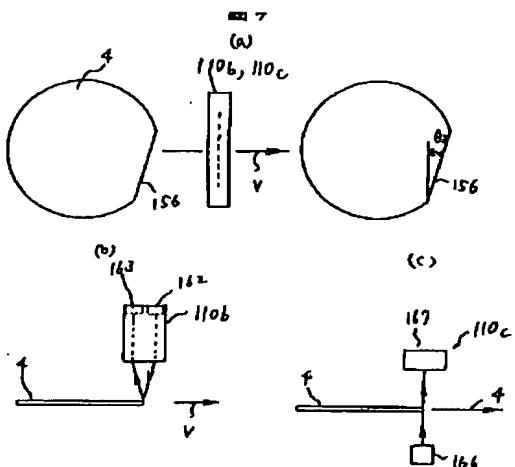
【図2】



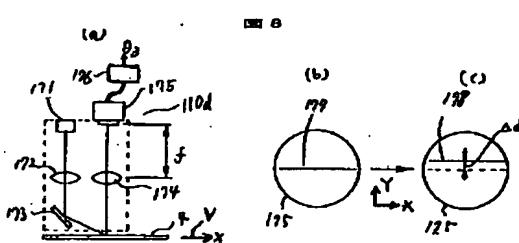
【図3】



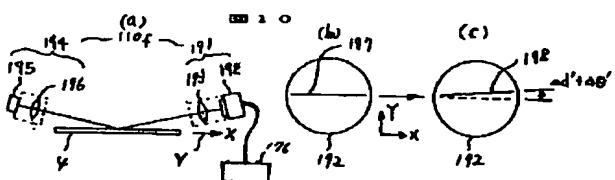
【図7】



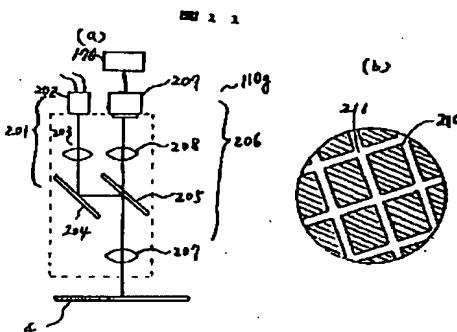
【図8】



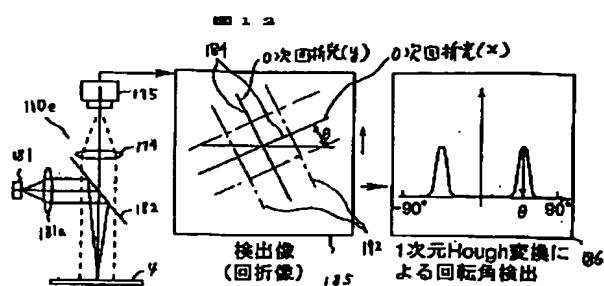
【図10】



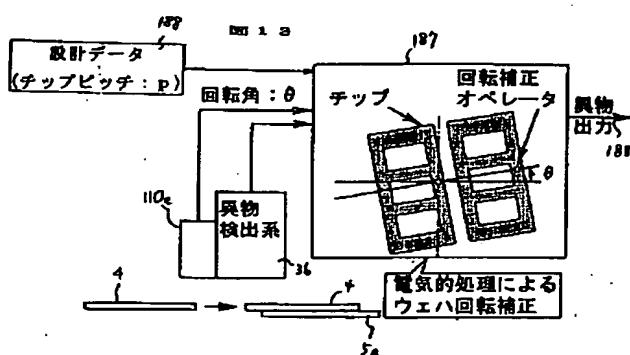
【図11】



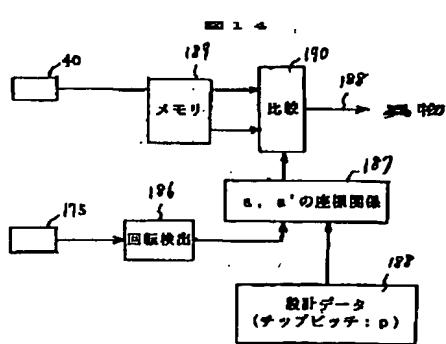
【図12】



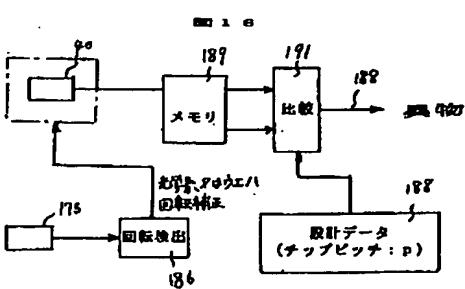
【図13】



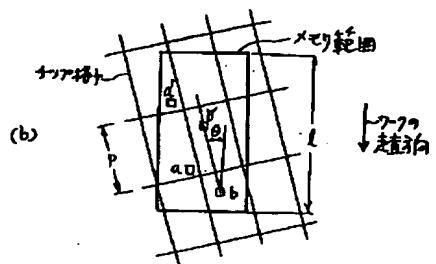
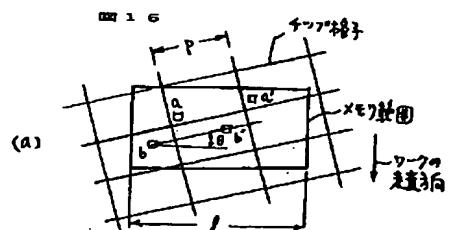
【図14】



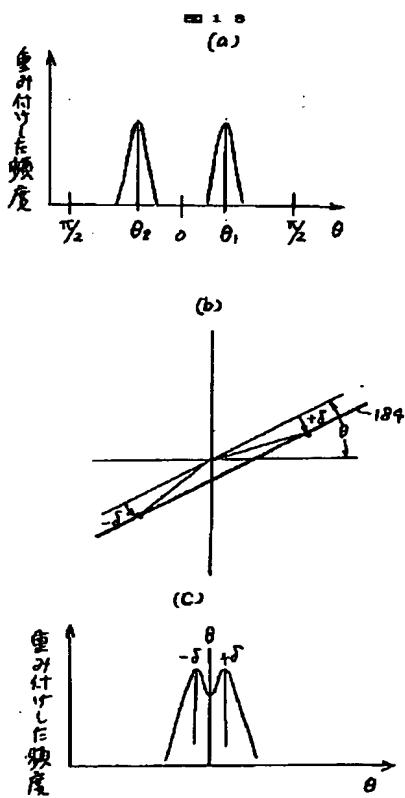
【図16】



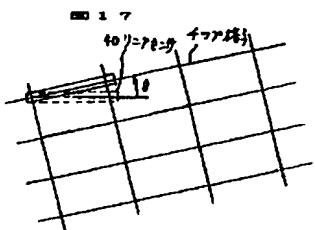
【図15】



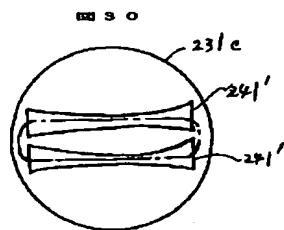
【図18】



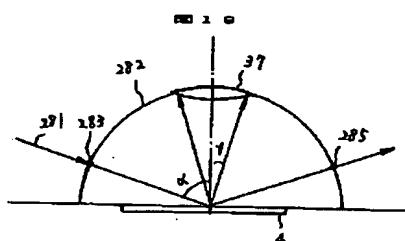
【図17】



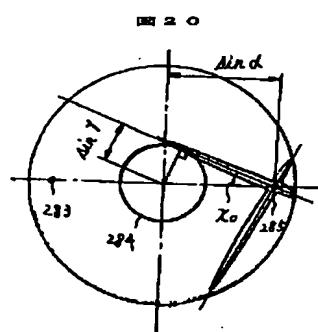
【図30】



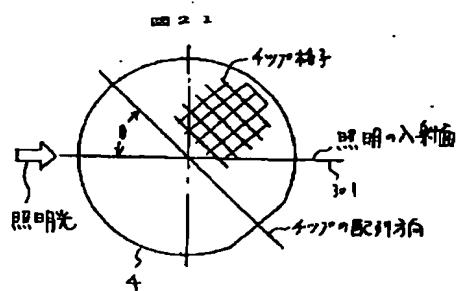
【図19】



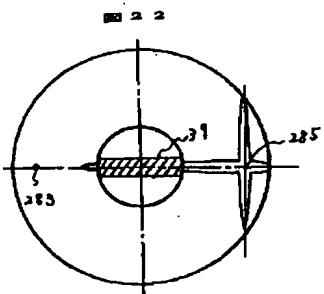
【図20】



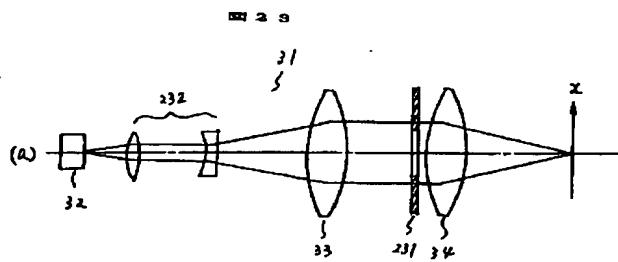
【図21】



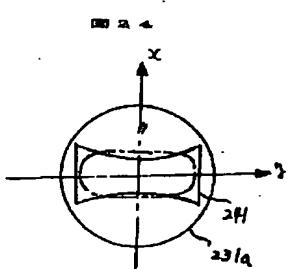
【図22】



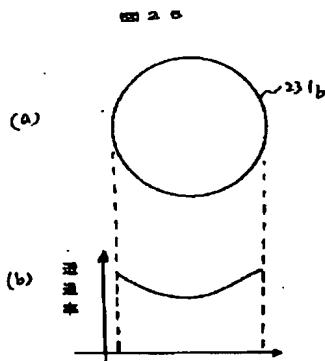
【図23】



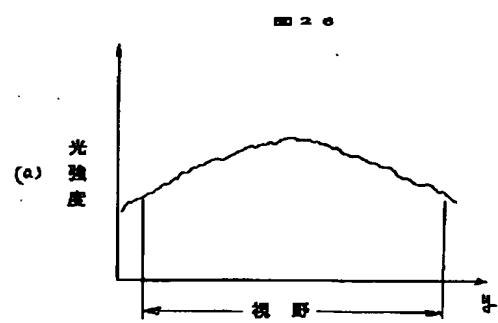
【図24】



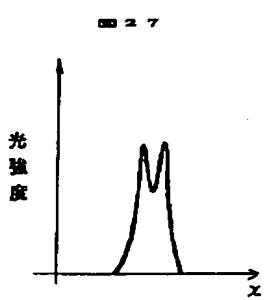
【図25】



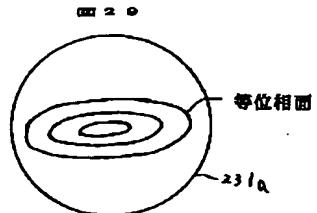
【図26】



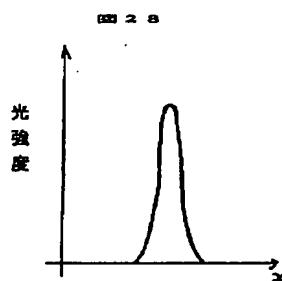
【図27】



【図29】



【図28】



フロントページの続き

(72)発明者 酒井 恵寿

東京都渋谷区東3丁目16番3号日立電子エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 森岡 洋

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所生産技術研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.